Aus der Medizin. Universitäts-Poliklinik zu Frankfurt am Main
*(Professor Dr. M. Gänsslen)*

# *Die Verdauung der Weizen- und Roggenkeimlinge*

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
IN DER GESAMTEN MEDIZIN
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT
ZU FRANKFURT AM MAIN

VORGELEGT VON
*Ludwig Lang*
AUS DARMSTADT
FEBRUAR 1941

BUCHDRUCKEREI EUGEN BREIDENSTEIN FRANKFURT A. M.-SÜD

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt a. M.

Referent; Prof. Dr. Heupke
Korreferent: Prof. Dr. Thauer
Dekan: Prof. Dr. Dr. Guthmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Das Samenkorn der Getreidefrüchte besitzt eine aus mehrfachen Zellschichten zusammengesetzte Schale (Oberhaut), welche entwicklungsgeschichtlich die der Mutterpflanze zugehörige Fruchthaut und die dem Samenkorn (Ei) zugehörige Samenhaut umfaßt. Unter ihr liegt der Mehlkern (Endosperm), dessen äußerste Zellschicht aus einer einfachen Lage großer, prismatisch geformter Zellen besteht, die man verschiedenartig bezeichnet: Aleuron-, Kleber-, Waben- oder Ölschicht. Strahlenförmig von der Oberhaut ausgehend durchzieht den Mehlkern ein feines, wabenförmiges Gerüst, größtenteils aus Cellulose bestehend, welches polygonale, dünnwandige Zellen enthält, gefüllt mit den für die einzelnen Getreidearten charakteristisch geformten Stärkekörnchen mit Eiweißkörpern. An der Basis des Kornes liegt als ein kleines, ovales Gebilder der Keimling, dem die im Mehlkern enthaltenen Stoffe als erste Nahrung dienen sollen. Er enthält reichlich Proteine, Polypeptide, Peptide, Lecithine, Kohlehydrate, Fette und kleine Mengen Vitamin A, genügend Vitamin E und sehr reichlich Vitamin $B_1$ und $B_2$.

J. Buchwald und W. Herter fanden in den Getreidekeimlingen von Weizen und Roggen durchschnittlich

| | |
|---|---|
| Wasser | 10% |
| Fett | 11—12% |
| N-Substanz | 35% |
| Kohlehydrat | 36—37% |
| Rohfaser | 2— 3% |
| Asche | 5%. |

Nach M. P. Neumann beträgt der Anteil des Weizenkeimlings 2—3%, des Roggenkeimlings 2½—6½% vom Gesamtkorngewicht. Praktisch ist die Reinausbeute an Keimlingen aber geringer, da ein Teil sich der Kleie zumischt oder mit dem Mehlstaub verloren geht. Nach Buchwald und Herter beträgt die Ausbeute an gereinigten Keimlingen durchschnittlich beim Weizen 0,54%, beim Roggen 1,13%.

Aus Keimlingen wurden in früheren Jahren gewonnen: Keimlingsöl, (im Weltkrieg wurde aus Roggen- und Weizenkeimen

nach einem von A. Backhaus erdachten Verfahren Speiseöl gewonnen, welches nach v. Noorden einem Speiseöl zweiten Ranges gleichzusetzen war), ein entfettetes Keimlingspulver und Litonmehl, ein an Kohlehydrat und Aschenbestandteilen armes Präparat.

Als einer der ersten wies Chevalier darauf hin, daß es unwirtschaftlich sei, die an wertvollen Nährstoffen so reichen Weizen- und Roggenkeime nur als Tierfutter zu verwenden und der unmittelbaren menschlichen Ernährung vorzuenthalten. Fast zur selben Zeit und unabhängig von Chevalier äußerte sich der deutsche Nahrungsmittelchemiker V. Klopfer in gleichem Sinne. Er beschrieb auch ein Verfahren, die Keimlinge, die ihres bitteren Geschmackes wegen dem normalen Backmehl nicht beigemischt wurden, zu entbittern. Das nach diesem Verfahren behandelte Keimlingsmehl erhielt den Namen „Materna". Schon Boruttau setzte sich 1912 nachdrücklichst für dieses Nährpräparat ein. Nach vielen Richtungen hin ist das Keimlingspulver beachtenswert; es entsprechen 100 g des lufttrockenen Pulvers in seinen Nährwerteinheiten etwa 350 g fettarmem Rindfleisch (ca. 360 Kalorien). Rund 36% stickstoffhaltige Substanzen sind in ihm enthalten. Nur ein Teil davon entfällt auf fertiges Eiweiß, der größte Teil auf Polypeptide und Peptide, also auf Eiweißbausteine, aus denen die keimende Pflanze ihr Eiweiß aufbauen will. An Nährsalzen sind im lufttrockenen Keimlingsmehl rund 5% (im frischen Rindfleisch 1,7%, im Weizenmehl 0,5%) enthalten. Unter den Nährsalzen überwiegen die wichtigsten, Phosphate und Kali.

Einen wesentlichen Bestandteil der Roggen- und Weizenkeimlinge kannte man zur Zeit der Untersuchungen von Boruttau und v. Noorden noch nicht, nämlich die Vitamine.

Das Vitamin A, auch antixerophthalmisches Vitamin genannt, ist das Vitamin des Zellzuwachses und der Zellregeneration. Es ist lebenswichtig. Als seine primäre Wirkung wird der begünstigende Einfluß auf die Zellneubildung angesehen. Bei A-Mangel entstehen in oberflächlichen Epithellagen mit besonderer Abnutzung Atrophien mit krankhafter Durchlässigkeit. Vitamin A wurde daher auch als Epithel-Schutzvitamin bezeichnet.

Der tägliche Bedarf des Menschen beträgt ungefähr 3—5 mg durchschnittlich.

Das Vitamin B ist keine einheitliche Substanz; es setzt sich zusammen aus Vitamin $B_1$ und den Vitaminen der $B_2$-Gruppe.

Voegtlin und Myers fanden, daß der ganze Vitamin B-Gehalt des Getreidekornes im Keimling enthalten ist.

Vitamin $B_1$ ist das älteste, wissenschaftlich bearbeitete Vitamin. Als lebensnotwendiges Amin" hat es der ganzen Gruppe der

Ergänzungsstoffe den Namen „Vitamin" verliehen. Es besteht chemisch aus zwei Ringsystemen und enthält Schwefel. 1936 wurde es von Westphal und Andersag synthetisiert.

Vitamin $B_1$ ist in der Pflanzenwelt überall verbreitet. Im ausgemahlenen Weißbrot findet es sich nicht, dagegen im Vollkornbrot. Die Fähigkeit zur Synthese des Vitamin $B_1$ ist in der Pflanzenwelt schon auf den frühesten Entwicklungsstufen (in Bakterien und Spaltpilzen) nachweisbar.

Der Vitamin $B_1$-Gehalt von Nahrungsmitteln beträgt in 100 g Frischgewicht in 0,001 mg angegeben (nach Baker-Wright)

| | |
|---|---|
| Weizenkeimlinge | 1060—3375 |
| Roggenkeimlinge | 1350 |
| Gerstenkeimlinge | 2500 |
| Brauereitrockenhefe | 1100—4150 |
| Reiskleie | 1010—1370 |
| Hafermehl | 585 |

Auch in tierischen Organen befindet sich Vitamin $B_1$. Bei mangelhafter Vitamin $B_1$-Zufuhr nimmt der Vitamin $B_1$-Gehalt der Organe ab, verschwindet aber selbst bei Beriberi nicht ganz. Die Gewebe halten also die letzten unentbehrlichen Vitaminreste sehr zäh fest.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß Vitamin $B_1$-frei, aber kohlehydratreich ernährte Ratten, wenn sie Zutritt zu ihren eigenen Faeces haben, meist nicht an Beriberi erkranken (Refektion). Die Darmbakterien und Hefen derart ernährter Ratten sind imstande, Vitamin $B_1$ zu synthetisieren, welches so in die Faeces gelangt, und durch Koprophagie von der Ratte wieder aufgenommen wird. Diese bakterielle Vitamin $B_1$-Syntheese findet im Coecum statt; wird dieses exstirpiert, tritt keine Refektion mehr ein.

Vitamin $B_1$ ist lebenswichtig; seine Wirkung erblickt man hauptsächlich in dem Einfluß auf den Kohlehydratstoffwechsel, insbesondere auf den des Nervensystems. Bei Mangel an Vitamin $B_1$ häufen sich krankhafte Intermediärprodukte des Kohlehydratstoffwechsels im Blut und in den Geweben an. Über den Vitamin $B_1$-Bedarf des Menschen lassen sich allgemeingültige Angaben kaum machen. Der tägliche Mindestbedarf dürfte wohl zwischen 0,25 und 0,75 mg, das Optimum jedoch zweifellos viel höher liegen, etwa zwischen 1 und 2 mg am Tag. Die Gefahr eines Vitamin $B_1$-Mangels besteht auch bei uns in den nichttropischen Ländern, besonders durch den starken Verbrauch an Weißbrot und Zucker, da im Verhältnis zum großen Kohlehydratkonsum im allgemeinen

zu wenig Vitamin $B_1$ aufgenommen wird. Der Vitamin $B_1$-Verbrauch läuft mit der aufgenommenen Kohlehydratmenge parallel, während Fette Vitamin $B_1$-sparend wirken.

Berechnungen von Schroeder und Withmann haben ergeben, daß eine ganze Reihe krankenhausüblicher Diätformen so wenig Vitamin $B_1$ enthalten, daß nicht einmal der Mindestbedarf auch nur annähernd gedeckt wird; das gilt insbesondere für die Ulcus-Nieren-Diabetes-Diäten, die azidotische Schaukelkost, die cholesterinfreie und die Herrmannsdorfer Diät. Sogar die gewöhnliche Krankenhauskost soll nach Schroeder in Bezug auf den Vitamin $B_1$-Gehalt stark unterwertig sein.

Nimmt der Vitamin $B_1$-Mangel besonders starke Formen an, so tritt das Krankheitsbild der Beriberi auf, welches als Folge einseitiger Ernährungsweise — nämlich durch geschälten Reis — in ostasiatischen Ländern, stellenweise auch in Südamerika und Afrika, beobachtet wird. Man unterscheidet zwei Formen der Beriberi: eine polyneuritische und eine cardiovasculäre Form, welche auch miteinander zugleich auftreten können.

Das Vitamin $B_2$ ist nach den neuesten Erkenntnissen keine einheitliche Substanz, sondern setzt sich aus mindestens drei Einzelfaktoren, wahrscheinlich fünf, zusammen, die aber, um ihre physiologische Funktion in optimaler Weise erfüllen zu können, gemeinsam zugeführt werden müssen. Man spricht daher von einem Vitamin $B_2$-Komplex und bezeichnet die einzelnen Faktoren mit Vitamin $B_2$ bis Vitamin $B_6$. Die wichtigsten dieser Ergänzungsstoffe sind das Laktoflavin, Vitamin $B_2$ benannt und das Anti-Dermatitis-Vitamin, Vitamin $B_6$ oder der Pellagra-Schutzstoff.

Vom Vitamin E weiß man bis heute noch recht wenig. Es ist unentbehrlich für die Fruchtbarkeit und Stillfähigkeit. Bei Ratten als Versuchstieren beobachtet man Störungen der Fortpflanzung bei männlichen und weiblichen Tieren (habitueller Abort, Azoospermie). Im Blut gesunder schwangerer Frauen wird z. B. viel Vitamin E gefunden. In der Natur kommt Vitamin E, auch Fertilitätsvitamin genannt, in pflanzlichen Ölen, vorwiegend im Weizenkeimlingsöl, vor.

Zu den in Getreidekeimlingen vorkommenden Mineralbestandteilen gehören vor allem Kalcium, Natrium, Magnesium, Eisen, Phosphor, Schwefel und Fluor, letzteres jedoch nur beim Roggen, nicht beim Weizen. Neben diesen Mineralien sind noch sogenannte „Spurenelemente" vorhanden, wie Kupfer, Aluminium, Nickel, Kobalt, Zink, Mangan. Von einigen dieser Elemente kennt man physiologische Wirkungen. Kupfer, Kobalt und Eisen dienen der Blutbildung, Mangan vermag dem Mangel an Vitamin $B_1$ für

einige Zeit entgegenzuwirken. Kalk und Phosphor, dazu Magnesium und Fluor dienen dem Skelettaufbau.

Alle in den Getreidekeimen so reichlich enthaltenen Nährstoffe wären nutzlos, wenn sie vom menschlichen Darm nicht gut ausgenützt würden. Bisher liegen aber nur einige wenige Ausnützungsversuche vor. Die Angaben von Rubner, Boruttau und v. Noorden weisen auf vortreffliche Auswertung von Keimlingsmehl hin. Die Ausnutzung war überraschend gut, so gut, wie man sie von einem vegetabilen Nahrungsstoff nicht erwartet hatte. Sie war fast gleichzusetzen den Ergebnissen, die gewonnen wurden bei Ausnutzungsversuchen mit tierischem Eiweiß.

Obwohl es also nach den damaligen, vor ca. 20 Jahren gefundenen, günstigen Resultaten nahe lag, Getreidekeime der menschlichen Ernährung wieder mehr als es geschah zuzuführen, kam bei einem großen Teil der Bevölkerung Deutschlands immer mehr der Wunsch auf, hellere Brote und somit Brote zu verzehren, die in ernährungsphysiologischer Hinsicht dem dunklen, Kleie und Keimlinge enthaltenden Brot unterlegen sind. Auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt ist es von großer Bedeutung — die neuesten Maßnahmen im Zuge der Erfüllung des Vierjahresplanes weisen darauf hin — das Eiweiß unserer Roggen- und Weizenkeime den Brotmehlen beizumischen und nicht, wie bisher üblich, es als Viehfutter zu verwenden.

Bei den nachstehend angeführten Versuchen wurde untersucht, wie Roggen- und Weizenkeimlingsmehl, das in verschiedenen Mengenverhältnissen dem üblichen Mischbrot zugesetzt worden war, von mir ausgenützt wurde, und ob ein Unterschied besteht in der Ausnützung zwischen dem Mehl der Roggen- und Weizenkeime.

Der prozentische Anteil betrug:

bei der I. Versuchsreihe . . . . . 10,

bei der II. Versuchsreihe . . . . . 25 und

bei der III. Versuchsreihe . . . . . 50.

Die Versuchsdauer:

bei I und II . . . . . je 7 Tage

bei III . . . . . je 4 Tage.

Die Abgrenzung des Kotes erfolgte durch eine zwölfstündige Eßpause und durch Carmingabe vor und nach jeder Versuchsperiode. Der gesammelte Stuhl wurde auf dem Wasserbade ein-

geengt und bei 105° getrocknet. Pro Tag wurden von mir aufgenommen:

750 g Brot,
125 g Butter,
50 g Zucker,

außerdem ca. 1000 g schwarzer Tee.

## I. Versuchsreihe.

### VERSUCH 1

Die Analyse des 10%igen Roggenkeimlingsbrotes habe ich in folgender Tabelle aufgestellt:

Tabelle (Gramme).

100 g 10% Roggenkeimlingsbrot enthalten:

| | |
|---|---|
| K H | 50,23 |
| N-Substanz | 7,63 |
| Fett | 0,53 |

Hier sei gleich bemerkt, daß die Fettanalysen der Keimlingsbrote nicht den zu erwartenden Mengen entsprechen. Da der Fettgehalt des Keimlingsmehls durchschnittlich 11—12% betragen soll, müßte bei dem 10% Keimlingsbrot mit ca. ¾ g zu rechnen sein, beim 25% mit ca. 1¾ g und beim 50% mit über 3½ g. Als Analysenergebnisse erscheinen jedoch Werte, besonders bei dem Brot mit höherem Hundertsatz an Keimlingsmehl, die weit unter den zu errechnenden Werten liegen. Da dies bei der Bilanz aber falsche Ergebnisse liefern würde, erscheinen die Fettanalysen aller Versuche der Übersicht halber jeweilig nur in der Analysentabelle der einzelnen Keimlingsbrote.

Trotz mehrfacher Ausführung der Fettbestimmung und auch nach Hydrolysierung wurden immer nur Unterwerte gefunden, sodaß eine Fehlerquelle in der Fettbestimmung selbst ausgeschlossen werden kann. Die Frage, wieso Unterwerte bei der Fettbestimmung auftreten, ob sie vielleicht durch Veränderung der Keimlingsfette während des Backprozesses bedingt sind, konnte nicht geklärt werden und bedarf noch der Lösung.

Pro Tag wurden an Nahrungsstoffen (ohne Fett) eingenommen:

Tabelle (Gramme).

| | | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|---|
| 10% | Roggenkeimlingsbrot | 750 | 376,73 | 57,23 |
| | Zucker | 50 | 50,00 | — |
| | Teeaufguß | 1000 ccm | — | 0,112 |
| | | zusammen | 426,73 | 57,342 |

In der siebentägigen Periode betrug demnach die Einnahme an

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 2987,11 |
| N-Substanz | 401,39 |

Die Stuhlmenge, die zu dieser Periode gehörte, belief sich auf ein Gewicht von 672 g frisch und 155 g trocken.

Die Differenzierung des Kotes ergab:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 24,19 |
| N-Substanz | 51,27 |
| Fett | 20,77 |

Bei der nachstehenden Gegenüberstellung der aufgenommenen Kost und Beikost mit den ausgeschiedenen Resten

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 2987,11 | 24,19 |
| N-Substanz | 401,39 | 51,27 |

läßt sich als Bilanz dieses Versuches die Ausscheidung in Prozenten der Einnahmen wie folgt berechnen:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 0,81 |
| N-Substanz | 12,77 |

Da nun der Zucker und der Teeaufguß in den verabreichten Mengen vom Darm als fast völlig resorbiert zu betrachten sind, kann man den Stuhl, ohne damit eine größere Fehlerquelle anzunehmen, als nur von dem Keimlingsbrot herstammend bewerten. Dann verändert sich das Bild bei der Gegenüberstellung der aufgenommenen Brotmenge ohne Beikost mit den ausgeschiedenen Resten wie nachstehende Tabelle zeigt:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausscheidung |
|---|---|---|
| K H | 2637,11 | 24,19 |
| N-Substanz | 400,61 | 51,27 |

Als Bilanz errechnen sich dann folgende Werte:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 0,91 |
| N-Substanz | 12,80 |

Die Ergebnises der K H- und N-Substanz haben sich also vor und nach dem Abzug der Beikost nur unwesentlich verändert. Die im Stuhl ausgeschiedenen K H-Mengen sind im Vergleich zu den aufgenommenen Kohlehydraten so gering und rühren, da praktisch die K H der Nahrung bei normaler Darmfunktion restlos resorbiert werden, von andersartigen Verbindungen mit Reduktionsvermögen her. Über die Bilanz der N-Substanzen wird am Schluß der Versuche noch zu sprechen sein. Jetzt kann aber schon gesagt werden, daß das Ergebnis — ein Bilanzwert von 12,8% — als gut zu bezeichnen ist.

## VERSUCH 2

Die Analyse des 10% Weizenkeimlingsbrotes ergibt folgende Werte:

Tabelle (Gramme).

100 g 10% Weizenkeimlingsbrot enthalten:

| | |
|---|---|
| K H | 74,14 |
| N-Substanz | 7,19 |
| Fett | 0,48 |

Einnahme pro Tag:

Tabelle (Gramme).

| | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|
| 10% Weizenkeimlingsbrot | 750 | 353,55 | 53,93 |
| Zucker | 50 | 50,00 | — |
| Teeaufguß | 1000 ccm | — | 0,112 |
| | zusammen | 403,55 | 54,042 |

In 7 Tagen betrug die Einnahme an

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 2824,85 |
| N-Substanz | 378,29 |

Die zu diesem Versuch gehörende Stuhlmenge betrug frisch 742 g und hatte ein Trockengewicht von 189 g.

Die Differenzierung des Kotes ergab:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 30,91 |
| N-Substanz | 74,42 |
| Fett | 22,21 |

Nachstehende Tabelle zeigt das Gegenüberstellungsergebnis der Einnahmen und Ausgaben:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 2824,85 | 30,91 |
| N-Substanz | 378,29 | 74,42 |

Als Bilanz dieses Versuches ergeben sich dann prozentual nachstehende Werte:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,10 |
| N-Substanz | 19,67 |

und nach Abzug der Beikost:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausscheidung |
|---|---|---|
| K H | 2474,85 | 30,91 |
| N-Substanz | 377,51 | 74,42 |

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,25 |
| N-Substanz | 19,71 |

## II. Versuchsreihe.

### VERSUCH 3

100 g 25 % Roggenkeimlingsbrot enthalten:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 43,48 |
| N-Substanz | 10,62 |
| Fett | 0,80 |

Einnahme pro Tag

Tabelle (Gramme).

| | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|
| 25% Roggenkeimlingsbrot | 750 | 326,10 | 79,65 |
| Zucker | 50 | 50,00 | — |
| Teeaufguß | 1000 ccm | — | 0,112 |
| | zusammen | 376,10 | 79,762 |

während 7 Tagen betrug die Einnahme:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 2632,70 |
| N-Substanz | 558,33 |

Die Stuhlmenge hierzu beläuft sich auf ein Gewicht von 905 g frisch und 218 g trocken und enthält:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 30,33 |
| N-Substanz | 75,73 |
| Fett | 29,21 |

Die Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben ergibt folgendes Bild:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 2632,70 | 30,33 |
| N-Substanz | 558,33 | 75,73 |

Als Bilanz ergibt sich in Prozenten:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,15 |
| N-Substanz | 13,56 |

Durch den Fortfall der Beikost ändern sich dann die Werte:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausscheidung |
|---|---|---|
| K H | 2282,70 | 30,33 |
| N-Substanz | 557,55 | 75,73 |

Der Bilanzwert in Prozenten

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,33 |
| N-Substanz | 13,58 |

## VERSUCH 4

100 g 25% Weizenkeimlingsbrot enthalten

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 45,91 |
| N-Substanz | 8,89 |

Die Einnahme pro Tag mit Beikost beläuft sich auf:

Tabelle (Gramme).

| | | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|---|
| 25% Weizenkeimlingsbrot | 750 | | 344,33 | 66,68 |
| Zucker | 50 | | 50,00 | — |
| Teeaufguß | 1000 | ccm | — | 0,112 |
| | | zusammen | 394,33 | 66,792 |

In 7 Tagen:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 2760,31 |
| N-Substanz | 467,54 |

Die hierzu gehörige 7tägige Stuhlmenge ergab ein Frischgewicht von 1007 g, ein Trockengewicht von 275 g und enthielt:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 32,52 |
| N-Substanz | 111,90 |
| Fett | 34,57 |

Die Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben lautet dann:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 2760,31 | 32,52 |
| N-Substanz | 467,54 | 111,90 |

In Prozenten ausgedrückt:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,18 |
| N-Substanz | 23,94 |

Nach Abzug der Beikost erhalten wir folgende Werte:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 2410,31 | 32,52 |
| N-Substanz | 466,76 | 111,90 |

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,35 |
| N-Substanz | 23,97 |

In diesem Versuch ist genau wie in Versuch 2 eine schlechtere Bilanz des Weizenkeimlingsbrotes gegenüber dem Roggenkeimlingsbrot festzustellen.

## III. Versuchsreihe.

Die Dauer der folgenden zwei Versuche wurde kürzer gewählt, weil sich das 50% Keimlingsbrot nicht so gut verzehren ließ. Die tägliche Brotmenge blieb konstant, die Versuchsperiode wurde auf vier Tage ermäßigt.

## VERSUCH 5

Die Bestimmung von 100 g 50% Roggenkeimlingsbrot ergab an

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 43,21 |
| N-Substanz | 12,42 |
| Fett | 0,84 |

Pro Tag betrug die Einnahme an:

Tabelle (Gramme).

| | | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|---|
| 50% Roggenkeimlingsbrot | 750 | | 324,075 | 93,15 |
| Zucker | 50 | | 50,00 | — |
| Teeaufguß | 1000 | ccm | — | 0,112 |
| | | zusammen | 374,75 | 93,262 |

In 4 Tagen wurden also insgesamt aufgenommen an

| | |
|---|---|
| K H | 1496,30 |
| N-Substanz | 373,05 |

In dieser Zeit wurde eine Stuhlmenge von 617 g Frischgewicht ausgeschieden, trocken wog der Kot 157 g und ergab analysiert:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 16,23 |
| N-Substanz | 58,66 |
| Fett | 22,01 |

In der fünften Versuchsperiode stehen sich gegenüber:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 1496,30 | 16,23 |
| N-Substanz | 373,05 | 58,66 |

In Prozente umgerechnet:

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,08 |
| N-Substanz | 15,72 |

Ohne Beikost errechnen sich folgende Werte:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 1296,30 | 16,23 |
| N-Substanz | 372,60 | 58,66 |

Tabelle (Prozente).

| | |
|---|---|
| K H | 1,25 |
| N-Substanz | 15,74 |

## VERSUCH 6

100 g 50% Weizenkeimlingsbrot enthalten:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 40,12 |
| N-Substanz | 11,15 |
| Fett | 0,72 |

Die tägliche Einnahme errechnet sich auf

Tabelle (Gramme).

| | | K H | N-Substanz |
|---|---|---|---|
| 50% Weizenkeimlingsbrot | 750 | 300,90 | 83,625 |
| Zucker | 50 | 50,00 | — |
| Teeaufguß | 1000 ccm | — | 0,112 |
| | zusammen | 350,90 | 83,737 |

Die viertägige hiernach auf:

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 1403,60 |
| N-Substanz | 334,95 |

Der hierzu gehörige Frischstuhl von 644 g mit einem Trockengewicht von 153 g ergab

Tabelle (Gramme).

| | |
|---|---|
| K H | 27,04 |
| N-Substanz | 45,52 |
| Fett | 12,03 |

Nachstehend sind gegenübergestellt in

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 1403,60 | 27,04 |
| N-Substanz | 334,95 | 45,52 |

in Prozenten:

Tabelle (Prozente)

| | |
|---|---|
| K H | 1,93 |
| N-Substanz | 13,57 |

Nach Beikostabzug:

Tabelle (Gramme).

| | Einnahme | Ausgabe |
|---|---|---|
| K H | 1203,60 | 27,04 |
| N-Substanz | 334,50 | 45,52 |

Die Bilanz ergibt in Prozenten:

Tabelle (Prozente)

| | |
|---|---|
| K H | 2,25 |
| N-Substanz | 13,61 |

Nachstehend habe ich der Übersicht halber die einzelnen Bilanzwerte, und zwar nur die der N-Substanzen, in Prozenten nochmals zusammengestellt.

Tabelle (Prozente)

| | Roggenkeimlingsbrot | Weizenkeimlingsbrot |
|---|---|---|
| | N-Substanz | N-Substanz |
| 10% | 12,80 | 19,71 |
| 25% | 13,58 | 23,97 |
| 50% | 15,74 | 13,61 |

Die Bilanzwerte der N-Substanzen sind, mit Ausnahme der letzten Versuchsreihe, beim Roggenkeimlingsmehl besser als beim Weizenkeimlingsmehl; im allgemeinen sind jedoch alle Werte als günstig zu bezeichnen.

Ein noch besseres Zahlenverhältnis erhält man bei der Gegenüberstellung der Ausnutzungswerte. Man versteht unter Ausnutzung die tatsächliche Resorption eines Nahrungsmittels.

In den folgenden Tabellen sind die Werte der ausgeschiedenen N-Substanzen (Eiweißwerte) und des ausgeschiedenen Stickstoffes aller Versuche einander gegenübergestellt.

Tabelle (Gramme).

| | N-Substanzen (Eiweiß) | Stickstoff |
|---|---|---|
| Versuch 1 | 51,27 | 8,20 |
| „ 2 | 74,42 | 11,91 |
| „ 3 | 75,73 | 12,12 |
| „ 4 | 111,90 | 17,90 |
| „ 5 | 58,66 | 9,39 |
| „ 6 | 45,52 | 7,28 |

Umgerechnet auf die tägliche Ausscheidung ergeben sich:

Tabelle (Gramme).

| | N-Substanzen (Eiweiß) | Stickstoff |
|---|---|---|
| Versuch 1 | 7,32 | 1,17 |
| „ 2 | 10,63 | 1,71 |
| „ 3 | 10,82 | 1,73 |
| „ 4 | 15,99 | 2,56 |
| „ 5 | 14,67 | 2,35 |
| „ 6 | 11,38 | 1,82 |

Nun ist aber ein Teil des im Stuhl nachgewiesenen Stickstoffes Eigenstickstoff der Darmwand, den man natürlich nicht als Verlust des Nahrungsstickstoffes berechnen kann. Die tägliche Ausscheidung dieses Sekretstickstoffes ist mit ca. 1 g zu veranschlagen. Es ergibt sich daher unter dieser Berücksichtigung, daß die Ausnutzung des Stickstoffes der mit verschiedenen Mengen Keimlingsmehl hergestellten Brote als ganz vorzüglich bezeichnet werden kann. Hieraus ist aber auch zu schließen, daß das Eiweiß der Roggen- und Weizenkeimlinge ebenso gut ausgenutzt wurde.

## Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Verdauung von Roggen- und Weizenkeimlingen behandelt. Zu diesem Zwecke wurden Brote hergestellt mit einem jeweilig höheren Hundertsatz an Keimlingsmehl (10, 20, 50%) und in einer Reihe von Selbstversuchen — 4 sieben- und 2 viertägige Versuche — ihre Ausnutzung bestimmt. Von hauptsächlichem Interesse war die Ausnutzung der N-Substanzen, da zu erwarten war, daß die Kohlehydrat- und Fettausnutzung der Keimlingsbrote im Rahmen der üblichen Ausnutzungswerte für Kohlehydrate und Fette bleiben würde. Das war jedoch nur bei den Kohlehydraten der Fall. Trotz mehrfacher Analysierung der Fette und Analysenänderung — Hydrolysierung — konnte bei der Bestimmung des Fettgehaltes der Keimlingsbrote nicht einmal ein durchschnittlich brauchbarer Wert errechnet werden, sodaß die Ausnutzung der Fettsubstanzen in allen Versuchen zur Vermeidung von Fehlerquellen nicht angeführt wurde und auch nicht beurteilt werden konnte. Die Resorption des Stickstoffes — und dies ist das wichtigste Ergebnis dieser Arbeit — ist sehr gut sowohl beim Roggen- als auch beim Weizenkeimlingsbrot. Ein wesentlicher Unterschied in der Ausnutzung zwischen Roggen- und Weizenkeimlingen konnte nicht gefunden werden. Bei den vier ersten Versuchen (10% und 25% Keimlingsbrot) bestand ein etwas besseres Ausnutzungsverhältnis zu Gunsten der Roggenkeimlinge, bei den zwei letzten Versuchen (50% Keimlingsbrot) war das Verhältnis umgekehrt.

## Literatur.


Heupke, Das Brot. D.M.W. 1934, Nr. 48.

Heupke, Ausnutzung der Hirse und des Buchweizen. D. Arch. klin. Med. 176 H 1.

Maurizio, Nahrungsmittel aus Getreide, I. Band, Berlin 1917—19.

v. Noorden-Salomon, Handbuch der Ernährungslehre, Berlin 1920.

Stepp, Kühnau, Schroeder, Die Vitamine. 3. Auflage 1938.

Rubner, Archiv für (Anat.) und Physiologie 1916, S. 237, 219, 224—225, 234—236.

Neumann, Brotgetreide und Brot, 3. Auflage, Berlin 1929.

# Lebenslauf.

Am 14. Mai 1907 wurde ich in Darmstadt geboren. Ich besuchte die Volksschule in Stuttgart, die Gymnasien in Heilbronn und Traben-Trarbach und das Werner-Siemens Realgymnasium in Berlin bis zur Obersekundareife. Nach einer kaufmännischen Lehrzeit und zweijährigen Angestelltentätigkeit bestand ich im Herbst 1930 an der Musterschule in Frankfurt a. M. die Reifeprüfung als Nichtschüler.

Vom Wintersemester 1930 ab studierte ich in Frankfurt a. M. Medizin, legte die Vorprüfung im Frühjahr 1933 und das Staatsexamen im Frühjahr 1936 ab. Die Bestallung als Arzt erhielt ich im Juli 1937. Bis zum Juni 1938 arbeitete ich an der Medizinischen Universitäts-Poliklinik. Seitdem bin ich beim Stadtgesundheitsamt Frankfurt a. M. als Stadtarzt tätig.



41/3